

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-027022
 (43)Date of publication of application : 04.02.1988

(51)Int.CI.

H01L 21/302
 H01L 21/205
 H01L 21/31

(21)Application number : 61-169747

(22)Date of filing : 21.07.1986

(71)Applicant : HITACHI LTD

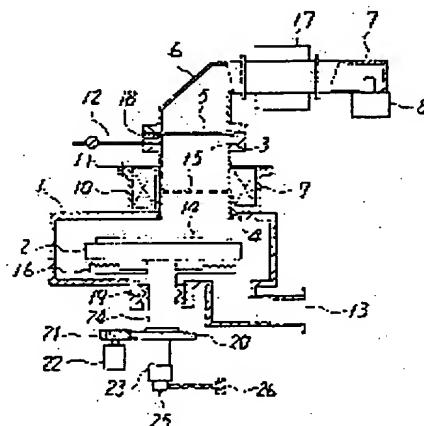
(72)Inventor : KAWASAKI YOSHINAO
 KUDO KATSUYOSHI
 SORAOKA MINORU
 TSUBONE TSUNEHIKO
 KAWAHARA HIRONORI

(54) MICROWAVE PLASMA TREATER

(57)Abstract:

PURPOSE: To realize greater through put without damaging wafers by extracting only radicals in plasma in a discharge chamber and using the radicals to treat a sample fitted on a sample base turning at an eccentric position.

CONSTITUTION: A sample base 2 rotatable around an eccentric section is mounted to have its center deviating from the center of a discharge chamber 3 in a sample treating chamber 1. Consequently, the sample base 2 can be rotated under the state in which the treating chamber 1 is kept under decompression, and temperature can be controlled excellently by a heater 16 directly fixed to the sample base 2 even during revolution. As a result, a wafer 14 can be etched only by radicals not affected electrically and magnetically. Accordingly, the wafer is not damaged, and a high through put is acquired.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

⑫ 公開特許公報 (A) 昭63-27022

⑬ Int.Cl.
H 01 L 21/302
21/205
21/31

識別記号

厅内整理番号
B-8223-5F
7739-5F
6708-5F

⑭ 公開 昭和63年(1988)2月4日
審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 マイクロ波プラズマ処理装置

⑯ 特願 昭61-169747

⑰ 出願 昭61(1986)7月21日

⑱ 発明者 川崎 義直 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
 ⑲ 発明者 工藤 勝義 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
 ⑳ 発明者 空岡 稔 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
 ㉑ 発明者 坪根 恒彦 山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社日立製作所笠戸工場内
 ㉒ 出願人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
 ㉓ 代理人 弁理士 小川 勝男 外1名

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

マイクロ波プラズマ処理装置

2. 特許請求の範囲

1. 放電室内に導入される処理ガスを ECR 放電によりプラズマ化させるプラズマ発生手段と、前配放電室内に発生したプラズマの中のラジカルを分離する分離手段と、該分離手段によって試料を処理する試料処理室と、該試料処理室内に前配放電室の中心より偏心して設けられ前配試料を設置して前配偏心部を中心として回転可能な試料台とから成ることを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はマイクロ波プラズマ処理装置に係り、特に試料をプラズマ処理するときの静電気的損傷を防止し、かつ処理の均一化を図るために好適なマイクロ波処理装置に関するものである。

〔従来の技術〕

半導体集積回路の集成度は年々高くなってきており、今やサブミクロンの時代に入っている。

こうした中で、低ダメージ性や寸法加工精度に優れたマイクロ波プラズマ処理装置が、デバイスの製造工程において、増々重要な役割を果すようになっている。

例えば、特公昭58-13627号公報に記載されているように、磁場を用いて電子サイクロトロン共鳴（以下「ECR」と呼ぶ）でプラズマを発生させ、かつ試料台にRFまたはDCバイアスを印加することにより、寸法加工精度が良く、高速で、かつ低ダメージなエッティングを実現したものが有る。

また、エッティング処理後のレジストアッティング用として、例えば特開昭60-16424号公報に記載されているように、マイクロ波導波管の管壁に細孔を開けるか、または導波管壁孔に金網を設けることにより、プラズマイオンを遮蔽し、活性種のみでフォトレジストとをエッティングして、半導体素子のダメージのないレジストアッティング

処理を行うようにしたものがある。

[発明が解決しようとする問題点]

上記従来技術のうち、前者は有磁場マイクロ波放電管にて ECR 条件を満たしてプラズマを発生させるため、比較的低圧でも密度の高いプラズマを発生させることができるために、これをレシストアーチャーに応用する場合に、高速アッティングが容易に実現できるという利点があるが、一方、処理の均一化を図るためにには、放電室の大きさをウェハ径と同等以上に大きくする必要があり、このため、磁場発生用のコイルも大型化し、近年のように、ウェハ径が 200mm や、 250mm といった大型化の傾向を強める中で、装置コストの増大は避けられないという欠点がある。また、ウェハがプラズマにさらされるため、特にエッチング後のアッティング工程においては、粒子が静電気的損傷を受けやすいという問題があった。

また後者の例では、プラズマを発生させる手段として、マイクロ波による電場のみを利用していいるため、プラズマの発生効率が悪く、アッティング

速度の向上には限界があり、また処理の均一化を図ることが困難となる問題があった。

本発明の目的は、上記欠点を無くし、粒子にダメージを与えることなく、高処理レートが得られ、かつ、均一処理が可能な、小型で安価なマイクロ波プラズマ処理装置を提供することにある。

[問題点を解決するための手段]

上記目的は、マイクロ波を導入できる最小必要寸法の放電室と、該放電室内に導入される処理ガスを ECR 放電によりプラズマ化させるプラズマ発生手段と、該放電室に発生したプラズマ中のラジカルを分離する分離手段と、該分離手段によって分離したラジカルによって試料を処理する試料処理室と、前記放電室の中心に対して偏心して、回転可能として試料台とで構成し、ECR を利用して放電室内に導入される処理ガスをプラズマ化し、前記放電室のプラズマ中よりラジカルのみを分離し、分離したラジカルにより、偏心位置で回転する試料台に設置された試料を処理することにより達成される。

[作用]

放電室内に処理ガスを導入し、マイクロ波による電界と、該電界に直交する磁界とを作用させて ECR 放電を起こさせ、処理ガスを効率よくプラズマ化させる。このとき放電室部での磁場の強度に、試料から放電室に向って減少する勾配をもたらす、プラズマ中の電子およびイオンを試料とは反対の方向に移動させる。残りの中性ラジカルは、試料方向に排気され試料に到達して試料面の被処理膜を化学的にエッチングする。

この時、試料台を放電管軸心から偏心させて回転させているため、放電管の開口面積よりも大きい基板上の被処理膜を均一に処理することができる。

[実施例]

以下、本発明の一実施例を第 1 図と第 2 図とにより説明する。

第 1 図において、試料処理室 1 内には試料、例えばウェハ 14 を配置する試料台 2 が設置してある。

試料処理室 1 の上部には円形導波管を兼ねる放電

室 3 が連通して設けてある。4 は真空シール材である。放電室 3 の上部には、石英またはアルミナ等のマイクロ波を透過する絶縁材、この場合は石英でなる絶縁層 5 を介して、変換導波管 6 が設けられる。18 は真空シール材である。変換導波管 6 の他方には矩形導波管 7 が取付けられ、矩形導波管の端部にはマグネットロン 8 が設けてある。

放電室 3 内には、マイクロ波を反射する反射端 15 が取付けている。放電室 3 の外側には、マイクロ波による電界と直交する磁界を発生する円筒形の電磁コイル 9 が設けてある。電磁コイル 9 の外側および内側の一部に、高透磁部材でなるシールド壁 10 およびシールドカバー 11 が具備してある。放電室 3 には、絶縁層 5 と反射端 15 との間に、ガス導入口 12 が設けてある。処理室 1 の反放電室側には、図示しない排気装置に格ながった排気口 13 が設けてある。

試料台 2 には、これを加熱するための熱源、例えばヒーター 16 が取付けられている。

また、試料台 2 は、真空シールが可能な回転シ

ール軸受、例えば磁性流体シール軸受19で、回転可能に試料処理室1の底部に、放電室3の中心とは偏心させて取付けられ、該試料台下部の軸24部に設けたギヤ20と、これと噛み合うビニオン21を駆動することにより回転させることができるようになっている。22はビニオン21を駆動する回転駆動装置である。ヒータ16の給電線は、軸24の中空部を通り、軸24の端部に設けた回転スリップリング23を介して固定部25に取出され、端子26から図示しない電源部に接続される。

17はマイクロ波の反射波をとらえてマグネットロン側へ戻らないようにするためのアイソレータである。

前記構成部品中の円形導波管を兼ねる放電室3は、最小必要限の寸法とするため、例えば、マグネットロン8の発振周波数を2.45GHzとし、共振モードをTE₁₁₂モードとした場合、発振波長が、1.2.2.4.5cmに対して、内径を1.0.9cmとすれば遮断波長は1.8.5.8cmなので、マイクロ波電力を放電室3内に導入することができる。このときの

た磁界強度の最大位置は反射端15の下方に位置させ、Z軸方向すなわちウェハ14から遠ざかる方向に磁束密度B(z)を減少させる。

ここで、この場合のプラズマ発生手段は、マグネットロン8と矩形導波管7と変換導波管6と、放電室3と絶縁窓5と反射端15と磁気コイル9とシールド壁10とシールドカバー11とで構成される。

マグネットロン8で発生させられたマイクロ波は、矩形導波管7から変換導波管6を介して放電室3内に入ってきたマイクロ波は、放電室3内に入ってきた処理ガスをプラズマ化し、消費される。またこの時消費されなかった一部のマイクロ波は、反射端15で反射され、再びプラズマ中を通過するので、マイクロ波の吸収効率が向上し、プラズマ化率が上がる。

また合せて磁気コイル9により磁界が発生せられ、第2図に示すマイクロ波磁界B(z)の最大となる付近の磁界強度が約875ガウスとなるようにして、発振周波数2.45GHzに対するBCR条件を満している。

放電室3の長さは1.6.2cmとなる。また、放電室3の管内波長は、プラズマの状態によって変化するので、放電室長を決定する反射端15の位置は、調整可能としておくのが望ましい。

また、該反射端は、ラジカルを通過させるため、マイクロ波を遮断できる大きさの一つ又は複数個の穴が設けられている。

例えばTE₁₁₁モードでは、該穴径を7.1.8cm以下とすることにより、遮断波長が、発振波長の1.2.2.4.5cm以下となるため、マイクロ波の透過が防止され、ここで反射して再び放電室3内を通過し処理ガスのプラズマ化を助ける。この場合は、反射端15の穴径を1cmとして2cm間隔で設けている。

また第2図に示すように、磁気コイル9を組んで設けたシールド壁10の端を、磁気コイル9の内側に組り込ませて設ける。これにより、図示しない直流電源装置によって磁気コイル9で発生された磁界は、シールド壁10の内側端部とシールドカバー11の内側端面との間に集中する。この集中し

今、マイクロ波の再速度をω、静磁場B中の電子のサイクロトロン運動の再速度を $\omega_c = eB/m$ とすると、 $\omega = \omega_c$ を満足する時に電子サイクロトロン共鳴(BCR)を起こし、 $\omega = \omega_c$ のごく近傍でマイクロ波の電力は効率よく電子運動のために吸収される。

放電室3内に発生させられたプラズマは、次に分離手段によってラジカルのみが分離され、試料処理室1に出て行く。

ここで、この場合のラジカル分離手段は、磁気コイル9とシールド壁10とシールドカバー11と、図示しない直流電源装置とで構成される。

一般に、静磁場中でのプラズマ中の電子は、Z軸方向に力を受け、その大きさをF(z)とすると、

$$F(z) = -\frac{1}{4} \cdot \frac{e^2}{m\omega^2} \cdot \frac{\partial}{\partial Z} \left(\frac{B(z)}{1 - (\omega_c/\omega)^2} \right) \quad \dots (1)$$

で与えられることが知られている。ここで、eは電子の電荷、mは電子の質量である。上式(1)によれば、プラズマ発生部の磁束密度B(z)がZ軸方向に減少しているので、プラズマ中の電子はZ軸の

ウェハ14から遠ざかる方向に力を受ける。これにより、プラズマ中の電子が放電室3の上部方向に移動し、プラズマ中では一時的に電子とイオンが分離し電界を生じる。これによりイオンも電子に引張られて放電室の上部に輸送される。すなわち、プラズマ中の電子とイオンとがウェハ14とは反対の方向に加速されて、電気的、磁気的に影響を受けない中性ラジカルのみが反射端15の穴を通って試料処理室1側へ出て行く。

試料処理室1に入ってきたラジカルは、排気口13に向って流れて行く。このとき、ラジカルがウェハ14の表面に接触し、化学反応を起こしてウェハ14をエッティングする。このように、エッティングはラジカルによる化学反応だけなので、化学反応を促進させエッティング速度をさらに高めるために、この場合、ヒータ16によって試料台2を50°C~200°Cに温度制御できるようにしてある。

一方ラジカルは、一般に、プラズマ中の他の気体分子や、放電室側壁との衝突によって消滅する。

したがって、放電室3から出てきたラジカルは

軸24は、試料処理室1に対して、回転可能に、かつ、試料処理室1内部の減圧状態を保つため真空シール可能な磁性流体シール軸受19で支持されている。磁性流体シール軸受19は、Oリングなどの真空シール材と通常の軸受を組合せたものでも良い。

ドーナツ状の導体リング23bおよび23cは、軸24の外端フランジ部とフランジ40の間に、ドーナツ状の絶縁リング23aを挟んで、軸24およびフランジ40と電気的に絶縁された状態で、軸24の回転中心軸と同心軸上にボルト39により固定されている。

試料台2とフランジ40の中心には、ウェハ14を試料台2より持ち上げるためのロッド37を上下動可能に支持するブッシュ30および31が組込まれている。ブッシュ30の上部には真空シール材27bが設けられ、ロッド37と接して真空シールを行っている。ロッド37の最上部にはウェハ14の支持台29が取付けられている。ロッド37の下部には、ケース42が、ナット43にて固定されており、ケース42

試料処理室上部の出口部の周辺では、中心部と比べて密度が低くなってしまう。

このため、ウェハ全体を均一な速度でエッティングを行うには、ウェハ径よりも大きい出口面積をもった放電管を用いる必要があり、このことは、装置の大形化につながり経済的ではない。

本発明では、この問題を解決するため、試料台2を放電室3の中心軸から偏心させて、かつ回転させることを可能とした。偏心させる方向は、排気口13寄りに放電室3を設け、少なくとも放電室3の外周の反排気口側の端がウェハ14の回転中心以上にあることが望ましい。

第3図に、試料台2の取り付けの詳細を示す。

試料台2にはヒータ16と、試料台2の一端に温度センサー32が取付けてあり、試料台2は軸24の端面フランジ部に真空シール材27aを挟んでボルト28にて固定されている。

ウェハ14は試料台2の上面の座ぐり部に載置されるよう、図示しない搬送装置により、試料処理室1内に搬入される。

とフランジ40の間に、圧縮バネ41が挿入され、ロッド37が常に下方に引張られた状態でセットされている。

ナット43の下部には、エンドピース44と適切な空隙を設けて配置され、エンドピース44を上下動させるための駆動部であるシリンドラ45が、ブラケット46を介して固定されている。シリンドラ45が伸びると、エンドピース44はナット43と接触し、さらに圧縮バネ41の圧縮力に抗してロッド37を持ち上げ、第3図中の2点鎖線で示す如くウェハ14を持ち上げる。シリンドラ45が縮むと、エンドピース44とナット43は適切な空隙（例えば2~5mm）を作るように設定されている。

また、軸24の中間部には、ギヤ20がボルト38にて固定されており、回転駆動装置22に取り付けたビニオン21と噛み合っている。

導体リング23bおよび23cの外周部には、バネ等により適切なる押付力で導体ブッシュ25a, 25bが接触しており、端子25aおよび25bはそれぞれ、ヒータ用電源および温度センサー入力信号端とし

て、図示しない外部機器に接続される。

ヒータ16の電源線35は、軸24とは絶縁されるよう。絶縁材であるフィートスルー36を介して導体リング23bに、また、温度センサー32からの信号線34も同様に、フィードスルー33を介して導体リング23cに接続されている。フィードスルー36および33は、真空シール材21cおよび21dにて真空シールされるよう取付けてある。

上記構成により、試料処理室1を減圧下に保った状態で、試料台2を回転させることが可能となり、回転中においても、試料台3に直接固定したヒータ16により良好な温度制御ができる。かつウェハ上下機構の駆動部が回転部とは切り離されていて、駆動部への空気漏の接続が容易となる。

第3図は、例えば、6インチのシリコンウェハに、MOSゲート素子を作りゲート絶縁膜が露出した状態で、第1図に示す装置により、レジストをエッティング(アッシング)した時の結果を示したものである。処理条件は、処理ガスとしてO₂を50 sccm 流し、放電室内圧力を2 mTorr～

電管の軸心上に設置した場合は、ウェハ中央部に比べて周辺部のアッシングレートが低くなってしまい均一性が悪い。また、速度分布も非対称となってしまい、排気口に近い側の方がアッシング速度が早い。

一方、試料台を放電管軸心から偏心させて回転させる方式では、上述の問題が解決され、ウェハ周辺部でのアッシングレートが向上し、アッシング速度の均一性が著しく改善されていることがわかる。また、これに伴って、ウェハ全面のレジストを完全にアッシングするのに要する実質処理時間は、約40%も短縮された。

なお、本実験により、ゲート部の耐圧劣化等の素子ダメージが発生することはなかった。

以上、本実施例によれば、電気的、磁気的に影響を受けないラジカルのみによって、ウェハ14をエッティング(アッシング)できるので、ウェハ14の素子に、電子やイオンのチャージアップがなく、素子の静電気的損傷を防止することができる。

また、放電室をマイクロ波の導入できる最小必

100 mTorrの間で実えた。

但し、2 mTorrの時はO₂を30 sccmとした。マイクロ波出力は500 Wで、試料台は80°で温度制御した。

第3図から明らかなように、第1図の装置はECRを利用しているので、従来のECRを用いない例えば平行平板式の放電方式が0.5～3 Torrという高圧力域で実用的なエッティング速度が得られるのに対し、0.01～0.1 Torrという比較的低圧域で高速エッティングが可能である。

また2 mTorr以下の低圧域では、ラジカルの発生量が少なく、実用的なエッティング速度は得られなかつた。

第4図は、第1図の装置による別の効果を実験にて確認したもので、前述と同様のウェハを用い放電室にO₂を50 sccm流し、放電室内圧力を50 mTorrに制御し、マイクロ波出力を500 Wとして、レジストのアッシングを行ない、ウェハ内のアッシング速度分布を調べたものである。

第4図からわかるように、試料台を固定し、放

要限の寸法としても、試料台を該放電室軸心と偏心させた位置で回転させることにより、処理の均一化が計れるとともに、処理時間を短縮することができる。さらに、前述の如く、ウェハ径に比べて小さい放電室3や電磁コイル9によって装置を構成することができるので、装置を小形で安価に製作できるという効果がある。

また、磁場を利用してない従来のものと比べて、ECRの電子サイクロトロン運動の相乗効果により、高密度のプラズマを発生することができる。高処理レートを得ることができる。

さらに、試料台2にヒータ16を設けることによって、ウェハの処理速度を速くすることができる。

また、ウェハ押し上げ機構をその駆動部とは切り離して設けられ、試料台2に直接ヒータ16や温度センサー32を取り付け、これらの配線を軸24と中心軸線上で該軸24とは絶縁された導体リングに接続し、外部固定の導電ブラシにより供電または信号を取り出すことができる。試料台を回転させながら、良好な温度制御ができ、処理の均一

化を図ることができるという効果がある。

また、ウェハ押し上げ機構と、試料台の回転機構とを組み合わせることができるので、処理の均一化を図るとともに、ウェハの自動搬送を容易にすることができます。この効果がある。

また、ウェハ押し上げ機構の駆動部への空気源の接続が容易となる効果もある。

また、本実施例では、処理ガスをO₂単体のみで行ったが、10%程度のCF₄ガスを混合すれば、さらに処理強度を向上させることができる。

また、この混合ガスに、下地の膜質に応じて、下地をエッティングしにくいガス、例えばCHF₃やC₂F₆、SF₆等のガスを混合しても同様の効果がある。

[発明の効果]

本発明によれば、マイクロ波を導入でき得る最小限の放電室内で、ECR放電をさせるとともに、磁束密度を試料から遠ざかる方向に減少させることによって、ラジカルの発生量を多くできるとともに、ラジカルのみで試料を処理することができる。

るので、粒子ダメージを与えることなく、高処理レートを得ることができるという効果がある。

また、試料台を、放電室の軸心とは偏心させた位置で回転可能としているので、処理の均一化が計れ、処理時間の短縮ができる他、ウェハ径に比べて小さい放電管や電磁コイルで装置を構成できるので、装置を小形で安価に製作できるという効果がある。

4. 図面の簡単な説明

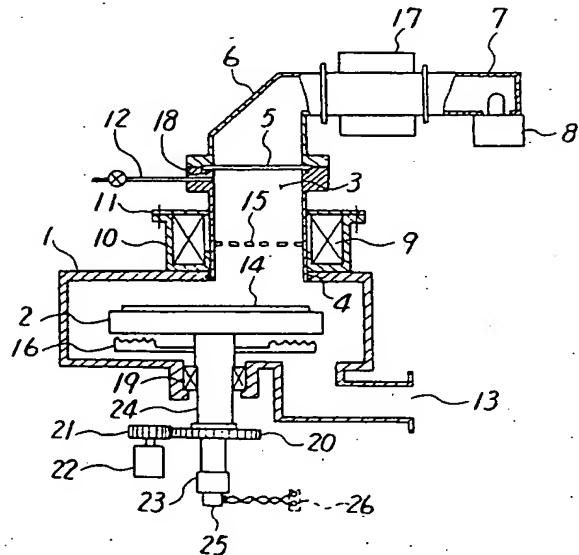
第1図は本発明の一実施例であるマイクロ波プラズマ処理装置を示す概断面図、第2図は第1図の装置によるマイクロ波電界および磁束密度を示す図、第3図は第1図の試料台部分の詳細を示す概断面図、第4図は第1図の装置による実験例を示す図、第5図は第1図の装置と試料台固定式との処理結果の比較を示す図である。

1 …… 試料処理室、 2 …… 試料台、 3 …… 放電室、 5 …… 絶縁室、 8 …… マグネットロン、 9 …… 電磁コイル、 10 …… シールド壁、 11 …… シールドカバー、 12 …… ウェハ、 13 …… 反射端、 20 …… ギヤ、 21 …… ピニオン、 22 …… 回転駆動装置

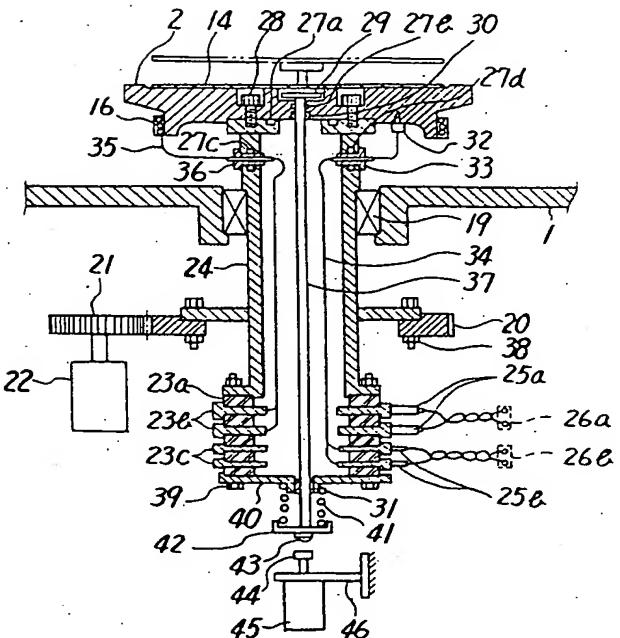
代理人 井理士 小川勝男



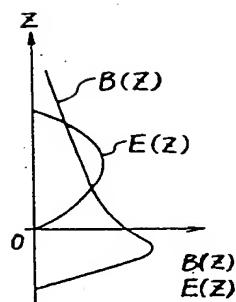
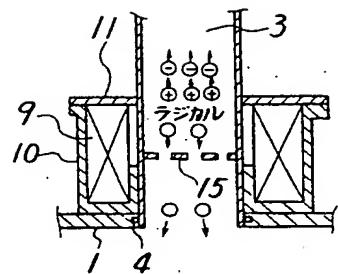
第1図



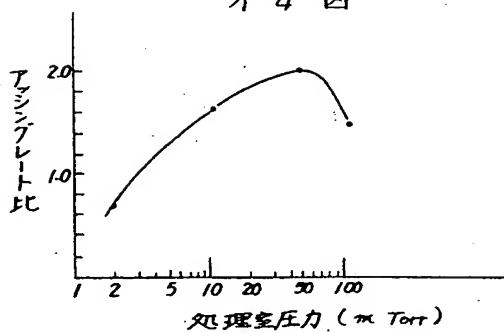
オ3図



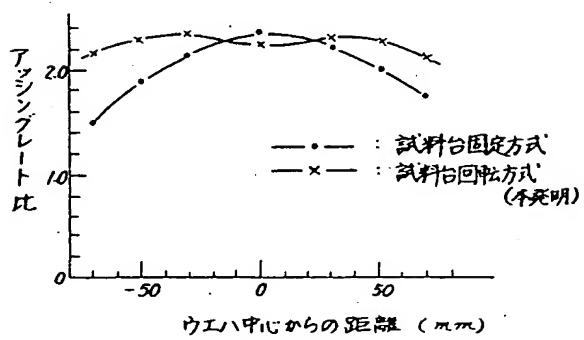
オ2図



オ4図



オ5図



第1頁の続き

②発明者 川原 博宣 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内